



TITLE:

岩漿内の均一[平]衡と火成岩成生作用に對する關係(一)

AUTHOR(S):

パウル, ニグリ

CITATION:

パウル, ニグリ. 岩漿内の均一[平]衡と火成岩成生作用に對する關係(一).
地球 1927, 7(6): 464-469

ISSUE DATE:

1927-06-01

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/183279>

RIGHT:

るに化學的に鋭敏なる瓦斯例へば鹽素、硫黃、水素、炭化水素等を混有する時は是等瓦斯間の反應により高熱を發達すると共にヴェスヴィアス、ストロンボリ又はキラウエア式の熔岩流を誘導すべし。

一般に現代火山に就ては一立方哩臺に達する

熔岩を噴出するは頗る稀なるも近代地質時代に於ては爆裂作用を伴はずして數哩に亘る裂罅を通じ多量の熔岩を迸發したるものあり。彼の印度のデツカン、トラップ、南亞のストルムベルグ熔岩、米國のスネーク・リヴァ・ベーズンの玄武岩熔岩の如き其例なりとす。

岩漿内の均一平衡と火成岩成生作用

に對する關係 (一)

(バウル・ニグリ)

火成岩の研究に従事する岩石學者は自然現象に依つて提供せられる問題が如何に複雑でも、如何に種々雑多なものであつても、岩漿中に於ける鑛物成分を支配する物理化學的法則を以つて此の問題に直面するとき自ら新しき光明に接し得るものである。此の法則は實驗の結果から導き得たものであつて地球内部に貯藏せらるる岩漿は一つの物理化學系に屬し種々相異なる状態の下に於けるその性状を究め此が説明を與ふるところに岩石學者の研究があるのである。

元來、均一系である岩漿がその結晶作用の依つて鑛物を比降する度毎に新しい相が生じて來る。即ち結晶作用は均一系を種々の相を有する不均一系に變化するものであつて茲に於

いて不均一系の法則即ち相則と不均一平衡の理論とは極めて重大のものとなるのである。相異なる相と相との關係、並に一定の化學成分を有する岩漿から異つた結晶種を分離する順序は實驗的研究に待つ可き問題であつて此の方面に於ける研究は今日まで非常な進歩發達を遂げてある。特にワシントンカーネギー研究所に於ける系統的な研究は特筆すべきものでその貢獻するところ又頗る大である。之等のものに關する基礎的の智識は殆ど完成せられベツケ氏の著書たる『理論岩石學の基礎』には火成岩研究に従事する人の常に留意すべき多數の貴重な資料が掲げてある。然しながら自然界に存在する全系に就いての熔融圖を示す謂は物理化學的圖表なるもの

を完成することを以て果して吾々の要求するすべてなりや否や。勿論かゝる方面の智識が極めて重要なものであることは疑ふ可からざるも錯雜せる現象の全部に渡つて之を支配するに更に高級なる法則の存在する事實を看過し得ざるものである。此等の法則を理解することによつて初めて、岩漿が或る種の状態の下に結晶作用を繼續する間に次に現はる可き新しい相を豫知することが出来るのである。均一性平衡の研究によつてのみ此の種の現象に、合理的な基礎智識を與へその詳細な説明をも成し得るものである。何となれば液相或は氣相中の異種分子間の内部平衡の如何によつて新しい固相の生成が大部分支配せられるからである。更に岩漿分體作用及び鑛床の生成など其の他幾多の現象を理解するには、岩漿内に於ける分子化學を完全に了解する必要があるからである。然しながら此の種の方面に於ける實驗的研究は多くの困難に遭遇するが故に反つて岩石學者の間には不均一系に於ける作用を重大視し、むしろ之を過視する傾向を生じて來るのである。

以下述べんとする研究事項が岩漿内の均一系平衡に對する興味を喚起し斯くして間接には相反應 (Phase Reaction) の研究と歩調を共にすべき内部分子の状態の實驗的研究の一助ともならば幸甚である。

岩漿の凝固に依て生ずる岩石が如何なるものなるかを知らんとせば最初に岩漿の化學的組成、岩漿内に含まるゝ分子の性質、之等分子間に維持せられる平衡状態及び外界よりの影響による平衡關係の移動等を知ることが必要である。此等の

岩漿内の均一平衡と火成岩生成作用に對する關係

諸點に關する智識は次の如き方法によつて得られるのである

一、直接實驗的研究に依る方法

二、同一根元を有する分體岩石に於ける化學成分の相違を定むる方法。若し岩漿が二つに分れて、固結せるものとすれば、岩漿内に含まれたる分子の性質に關して密接な關係が兩岩石間に存在しなければならぬからである。

三、物理的狀態の變化に伴つて現はるゝ新しい相の性質と其の相互の影響を研究する方法。結晶しつゝある鑛物は岩漿内部に存在する分子の如何なるものなるかを豫知せしめ反對に岩漿内に存する分子は次に結晶すべき鑛物の如何なるものであるかを教ふる事實より見ても如何に均一系平衡の研究が重大なるかを知る。但し不均一系反應に知られたる事實は之を考慮し其の應用し得らるゝや否やを檢することは勿論必要である。實に此の種の反應に關して今日まで知られたる事實を岩漿の物理化學に適宜に採用して研究を進めることが最も合理的なのである。

最初に揮發成分(特に水分)を含まざる熔融物に就いて考察するに、二個の簡單な物質例へば二種の酸化物を混じて熔融し之を冷却する時には新しい別個の結晶種が熔融物中より分離析出して來のが屢々觀察せられる。かゝる場合に於いては最初に加へられたる物質の分子が液相内に於いて互に反應し新しい化合物をつくつたものと考へることが出来る。而して結晶の分離に先立つて熔融物は此の化合物によつて飽和されたと想像し得る。

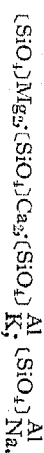
然し此れと反對に原成分のものが析出するとするも液相内に於いて反應が起らざりしと想像するは正當ではない。

新しい化合物が事實生成せられたるもその濃度小なる爲に冷却中に飽和點に達し得なかつたかも知れないからである。然しながら斯の如き分子は此の狀態の下に於いては熔融物中に極めて溶け易いか或は又その存在が極めて少量なるものと考へられる。若し熔融物の物理的状態を變化しても新しい化合物の結晶を生じなかつたときは原成分の分子は液相内に於いて全く反應せず或はその化合物極めて微小なりと考ふるも亦至當なる可し。

新しい結晶種が分離析出する際にその結晶形及び溶解曲線の變化の程度は分子平衡の性質に關して極めて重要な暗示を與ふるものである。故に今、化合物が之と同じ組成を有する熔融物から析出するものとして（即ち一定の熔融點を有する場合）之に原成分の少量を加へたるがために其の熔融點が著しく變化したものとすれば之の新化合物は熔融物中に於いて原成分に解離することなく若し解離しても其の量は微小であると云ひ得る。故に此の場合液相内に於ける反應はすべて定量的なものである。此に反して原成分を加ふるも其の熔融點に著しい變化のない時には、（溶解曲線の變化が緩慢なる場合）原成分の若干量が化合せずに熔融物中に平衡を保ちつゝ殘留するものと考へらるる。即ち反應が不完全な場合である。然し新に造られた化合物の飽和の範圍が狭く、其の組成を示す點に到達せざる場合（即ち化合物が一定の熔融點を有

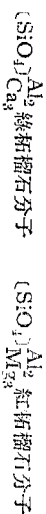
せざる時）には化合物はこれを熱すると直ちに原成分のものに解離するのである。然らば此の着眼點より硅酸鹽の熔融圖を觀察するとき次の著しき二點は特に注意を必要とするものである。

一、簡單なる正硅酸鹽は僅かの例外を除いては解離せざる安定な化合物である。例へば

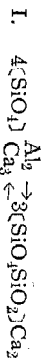


等の化合物は一定の熔融點を有し且つ此の點に於いて溶解曲線は最大値をとるのである。換言すればマグネシウム及びカルシウムの酸化物、ボツタシウム及びソジウムのアルミニウム鹽等は岩漿内に於いて硅酸が充分量に存在する場合にはそのまゝにて主要成分分子として殆ど存在し得ずして硅酸と結合して正硅酸鹽を出生するものである。故に岩漿中に於いて此等の正硅酸鹽は基礎化合物の役割を演ずるのである。而してその中には $(\text{SiO}_2)\text{K}_2$, $(\text{SiO}_2)\text{Na}_2$ の如き硅酸鹽も恐らく存在するものなるべし。けれども此等のアルカリ硅酸鹽は礬土の存在するとき不安定狀態にて化合してアルカリアルミニウム鹽を生ず。鐵及び滿飽の正硅酸鹽は一般に安定ではない。酸化物（特に三價元素の酸化物）と硅酸鹽との平衡關係に關しては酸素が充分に存在する場合は特に深甚なる考慮を拂ふ可きである。硅酸及び礬土は結合して $(\text{SiO}_2)\text{Al}_2$ を形成するがこのものは確に他の分子との反應に參與し特に一價元素二價元素の存在する時は新しい化合物の生成が早められる故に普通の岩漿より紅柱石や硅線石が析出するためには特種

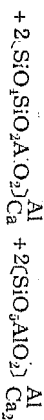
の條件を必要とするものである。正硅酸鹽の全く不安定なるものとしても次の如き化合物がある。



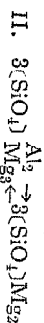
此等の化合物は各々の成分に相當する熔體物より析出せしむることは普通の氣壓にては不可能にして I、II の化學式にて示せる如き化合物に分解するのである。而して液相中に於いてこの式に相當する分子平衡が保たれ反應は右方に著しく移動するものと想像する。



綠柘榴石分子 硅灰石分子



灰長石分子 グレーナイト分子

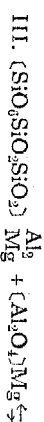


紅柘榴石分子 苦土橄欖石分子

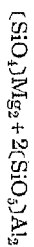


堇青石分子 尖晶石分子

硅灰石、灰長石、尖晶石及びグレーナイト分子は熔體物中にて比較的安定なるも堇青石分子は稍不安定に存在するものゝ如し。而して熔體物より次の如き反應(III)が起るものと考へられ即ち堇青石分子は更に III 式に依つて他の分子と作用するものである。



堇青石分子 尖晶石分子



岩漿内の均一平衡と火成岩成生作用に對する關係

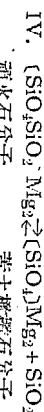
苦土橄欖石分子 硅灰石分子

以上述べたる事實より次の如き結論に到達する。

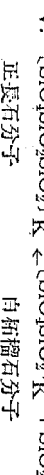
即ちアルカリに對して礫土の過剰を有する。岩漿は主として灰長石、尖晶石を析出し或る特種の場合に於いてのみ堇青石、グレーナイト、硅線石(或は紅柱石)を品出する。

二、第二の注意を喚起するものは熔體物中に硅酸を加ふる時添加硅酸はすべての安定な正硅酸と結合することがある尤も斯くして生じたる新化合物の大部分は甚だしく解離するものである。

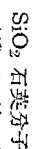
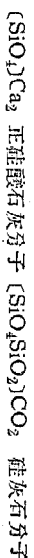
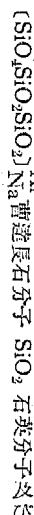
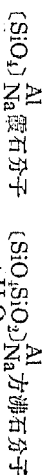
次に示す反應式は斜頑火石及び正長石の不安定熔融點に於いて起るものであるが此の反應は亦液相中にも適用され得るのである。



頑火石分子 苦土橄欖石分子

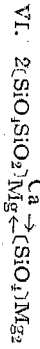


正長石分子 白柘榴石分子



上述と同様の平衡關係を有するものと想像する。然れども普通長石分子及び硅灰石分子は之に對應する加里分子、マグネシウム分子よりも更に安定なるものと思はる。カルシウム

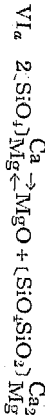
硅酸鹽はマグネシウム、硅酸鹽と化合して複鹽を作りこの複鹽は又解離し他の化合物に變化す。その反應を示せば



透輝石分子 苦土橄欖石分子



硅灰石分子

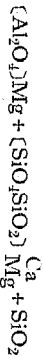


モントセリ石分子 スリクリース分子 フタルセナイト分子

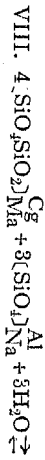
灰長石分子より硅酸を取り除くモノはモントセリ石分子の想像する分子 $(SiO_2AlO_2)(Ca, Mg)$ を有するブルミニウムを含む輝石の化學成分より考へて可能な事である。尙人工的熔融物の研究より明にせられた化學反應は次に示すが如く之等は外界の狀態の如何によりてそれに相應する平衡を採るのである。



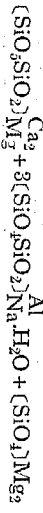
灰長石分子 苦土橄欖石分子



尖晶石分子 透輝石分子



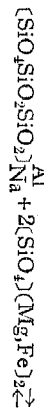
透輝石分子 霞石分子



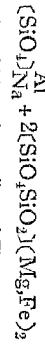
フタルセナイト分子 方沸石分子 苦土橄欖石分子

反應式IV及び此等に關係したるものは單に現象の一般の性質を實際に説明せんが爲に示したるに過ぎずして此等の

ものは互に結合して他の反應を示すこともあり得べく硅酸量の大なる硅酸鹽が硅酸含有量の少なき硅酸鹽に依つて作用されて解離することも起るのである。されば次の如き種類の反應も之を考慮する必要起り且つ此の如き反應に磁鐵礦も亦參與するものがある。

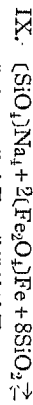


曹達長石分子 橄欖石分子

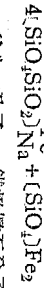


霞石分子 輝石分子

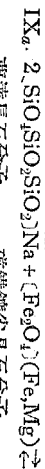
此の外自然結晶作用による成生物の多數を研究することによりて種々様々な反應を觀察することを得。例へば少量のマグネシウム及びボクスターミウムの正硅酸鹽は岩漿中に水の存在することによりて稍不溶性の黑雲母分子となりて安定に存在することが出来るのである。又三價の鐵は含鐵アルカリ硅酸鹽となり次の如き平衡を採る。



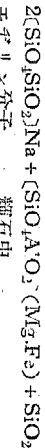
曹達正硅酸分子 磁鐵礦分子



エマリッ分子 鐵橄欖石分子



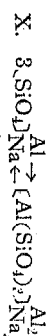
曹達長石分子 磁鐵礦尖晶石分子



エマリッ分子 輝石中

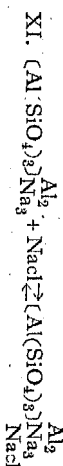
同一化學成分の分子にして異りたる結晶種となりて現はるゝは重合作用が種々なる程度に於いて行はるゝことを示すも

のにして例へば次の如き化學平衡も實際に於いて行はるゝものなるべし。



硅酸鹽が通常の鹽類と一定の比に結合して所謂異常化合物なるものを形成するといふ事實は此の如き重合作用の實際に行はるゝことを示すものにして溫度の降下と共に増進するものと考へらる。

一例を示せば



岩石分子の重合物 岩鹽分子 方晶融石分子

以上の議論に於いては岩漿中に於ける揮發成分の影響に關しては何等充分なる説明を與へず亦電解作用に就いても參酌考慮する處なかりしも現在知らるゝ著者の資料より考察して岩漿中には更に多種多様の異分子の存在するといふ事象に對しては何等の異議をも認めない。此等の分子は分子自身間に夫々の平衡關係を保持するものでその平衡は溫度、壓力、化學成分によつて左右されるのである。各分子の濃度はこれ等外界の要因に依つて變ずるもので同一化學成分を有する異つた熔融物も種々解離することが出来るのである。以上の事情の爲に岩漿固結の生成物も其の種類が廣汎な範圍に渡るのであつて同一化學成分の岩石にして鐵物成分の異なる現象や (Rock Heteromorphism) 岩石集合の異なること等も實に

のことより理解し得るのである。

岩漿内に含まるゝ揮發成分は一群の新分子を形成し其の化學平衡は主として岩漿中に存在する溶劑の量に關係する。而して此等熔劑の濃度は溫度及び壓力に依つて大に影響さるゝものなるが故に斯くして得られたる均一平衡は通常の場合よりも甚だしく鋭敏なるものにして更に熔劑は熔融物の粘度を減少せしめて化學平衡の調整を助勢するのである。揮發成分の最後の營力作用は岩漿の殘溜液及び氣體より得らる可きすべての生成物即ち噴氣、鐵床及び熱水、鐵床の成生を支配するのである。

さて今與へた簡單なる説明を以て此の揮發成分に關する問題を打ち切り次に岩漿固結作用に於ける第一操作即ち火成岩の成生に關連した最も重大な均一平衡に就いて一般的の考察を試みるに、このことは甚だ興味あり且つ極めて重大な智識を得られるのである。

最も重大な分子平衡の標式的ものを列舉すれば。

一、硅化作用 (硅酸の添加作用) 及び脫硅化作用 (IV VI 式)

二、複雑なる複分解反應 (I II VIa 式)

三、置換作用 (III VII IX 式)

四、複鹽の成生作用 (黑雲母成生反應 XI 式)

五、重合作用 (X 式)